

水田転換畑における黒大豆の土壌施肥管理技術に関する研究 (第2報) 黒大豆に対する堆肥連用の影響

森次 真一・鷲尾 建紀

Studies on the Soil Fertilization Management of Black Soybean in the Upland Field Converted from Paddy Field
(2) Effect of Manure Application to Black Soybean

Shinichi Moritsugu and Tatsuki Washio

緒言

岡山県内の黒大豆は、1970年代から、優良な転作作物として、勝英地域（旧勝田郡及び旧英田郡）を中心に栽培されている。黒大豆が主産地に導入され40年程度経過した近年、生産現場では収量低下の声が聞かれ、原因究明のため、土壌実態調査を実施し、土壌化学性と収量の変化や堆肥・施肥管理方法及び作付回数との関連について解析した（森次・鷲尾, 2016）。その結果、黒大豆を栽培した田畑輪換圃場では窒素肥沃度（腐植、可給態窒素）が低下しやすく、作付頻度が高いほど窒素肥沃度や収量が低下する傾向が認められ、その対策として有機物の補給が不可欠であることが示唆された。そこで、本報では、黒大豆に対する堆肥の連用効果を知るために、牛ふん堆肥を4年間連用し、黒大豆の収量や土壌肥沃度への影響について検討した。

材料及び方法

1. 試験圃場

試験は、農業研究所（赤磐市）内の水田転換畑（中粗粒灰色低地土）で実施した。試験圃場は、2006年度まで8年間、飼料用イネ栽培で堆肥の連用試験を行っており、その影響を考慮して、本試験では土壌の腐植及び可給態窒素量を基準に後述のとおり試験圃場を3ブロックに分け、その後の2007～2010年の4年間、堆肥連用試験を実施した。

2. 試験区の構成

試験区は、試験開始前の土壌の腐植、可給態窒素量を調査し、これらの多少を基準に、圃場を“低地力区”、“中地力区”、“高地力区”に分割して、それぞれに堆肥連用の有無による試験区を設置した（表1,2）。堆肥は、勝英地域で利用されている、オガクズとモミガラを混

表1 試験区の構成

試験区名		堆肥 (t/ha・年)	窒素施肥量 (kg/ha)	(備考)試験開始前	
地力	堆肥			腐植 (%)	可給態窒素 ² (mg/100g)
低地力	無施用	0	15	3.8	12.6
	連用	20	15	3.6	12.5
中地力	無施用	0	15	5.9	18.2
	連用	20	15	6.2	17.3
高地力	無施用	0	15	6.9	19.5
	連用	20	15	6.9	19.7

² 30°C4週間湛水静置培養

合した牛ふん堆肥（表3）を供試し、施用量は毎年20t/haとした。試験規模は、1区16㎡、2反復とした。

3. 耕種概要

堆肥は、3月下旬～5月下旬にかけて施用し、施肥は、6月下旬に大豆化成550（N-P₂O₅-K₂O=5-15-20%）を窒素成分で15kg/ha施用した。供試品種は‘丹波黒（岡山系統1号）’で、栽植密度を条間1m、株間0.4mとして、6月下旬に直播した（2010年のみ7月中旬に移植）。中耕培土は、7月中～8月上旬にかけて、1～3年目は2回、4年目は1回実施した（表4）。栽培終了後、地上部は圃場外へ全量持ち出した。

また、生育ステージは、開花始期が8月上～中旬、開花盛期が8月中～下旬、最繁期が8月下～9月上旬、着莢始期が8月下～9月上旬、子実肥大盛期が10月上～中旬、成熟期が12月中～1月上旬であった。

4. 調査項目及び調査方法

黒大豆の生育・収量は、各試験区8株を調査した。収量は、地際から刈り取った地上部重を全重とし、脱穀後の子実重を粗子実重とした。さらに、子実を粒径

9.1mmで篩別し、9.1mm以上を種子実重とした。なお、子実重は水分15%換算値で示した。

土壌化学性は、試験開始前と各年次の栽培跡地（作土層）から採取した風乾細土（2mmで篩別）を分析した。ただし、腐植は、粒径0.5mm未満に微粉碎した試料を供試した。土壌分析は、主に「土壌、水質及び植物体分析法（日本土壌協会編、2001）」に準じて行った。すなわち、pHは、土：水=1：2.5のガラス電極法で測定し、腐植は、NCアナライザー（住化分析センター、SUMIGRAPH NC-220F）を用いて乾式燃焼法で測定した全炭素量に1.724を乗じた。可給態窒素は、30℃4週間の湛水静置培養で生成するアンモニウム態窒素をフローインジェクション（FOSS、FIA5000）で測定した。また、堆肥連用4年後は土壌からの窒素無機化量をみるために、湛水条件及び畑条件（最大容水量の50%の土壌水分）の30℃10週間で生成する無機態窒素量を測定した。塩基交換容量（以下、CEC）は、セミマイクロSchollenberger法により抽出したアンモニウム態窒素をフローインジェクションで測定し、交換性塩基（石灰、

表2 試験開始前の土壌化学性

試験区名	pH (H ₂ O)	腐植 (%)	可給態窒素 ^z (mg/100g)	可給態リン酸 (mg/100g)	交換性塩基(mg/100g)			
					石灰	苦土	加里	
低地力	無施用	5.4	3.8	12.6	12.7	219	19	37
	連用	5.6	3.6	12.5	8.6	192	18	27
中地力	無施用	5.8	5.9	18.2	24.2	293	37	41
	連用	5.8	6.2	17.3	15.9	271	38	36
高地力	無施用	5.9	6.9	19.5	23.7	335	44	46
	連用	6.3	6.9	19.7	25.4	338	39	42

^z 30℃4週間湛水静置培養

表3 供試した牛ふん堆肥の成分（現物当たり）

連用年数	水分	TC	TN	P ₂ O ₅ K ₂ O CaO MgO				C/N	NO ₃ -N NH ₄ -N	
				(%)					(mg/g)	
1年目	52	19.0	0.99	0.82	1.62	1.59	0.60	19.2	0.13	0.03
2年目	50	21.9	0.89	0.55	1.43	1.26	0.40	24.8	0.21	0.03
3年目	42	24.6	1.00	0.99	1.91	1.61	0.62	24.6	0.44	0.03
4年目	58	17.2	0.97	0.77	1.71	1.42	0.51	17.8	1.20	0.01
平均	51	20.7	0.96	0.78	1.67	1.47	0.54	21.6	0.49	0.02

表4 耕種概要

連用年数	堆肥施用	施肥	播種	中耕培土	収穫調査
1年目	5月28日	6月21日	6月28日（直播）	7月25日 7月31日	1月9日
2年目	5月1日	6月24日	6月26日（直播）	7月16日 7月25日	12月17日
3年目	3月27日	6月22日	6月26日（直播）	7月14日 8月4日	12月24日
4年目	4月8日	6月25日	7月2日（7月15日移植）	7月23日	12月20日

苦土、加里）及び交換性マンガンについては、CEC測定の際に得られるpH7、1規定酢安浸透液を原子吸光度計（HITACHI, Z-5300）で測定した。可給態リン酸は、トルオーグ法により抽出発色後、分光光度計で測定した。熱水可溶性ホウ素は、熱水抽出法による抽出液をICP発光分析装置（島津, ICPS-1000Ⅲ）で測定した。

各年次の栽培期間中の土壤無機態窒素量は、定期的に作土を採取し、湿潤土の無機態窒素を10%塩化カリウム溶液で抽出し、フローインジェクションで測定した。

土壤物理性は、堆肥4年連用後の黒大豆栽培跡地土壤において、作土層の仮比重、粗孔隙率（pF1.5の孔隙率）を測定した。測定は、「土壤、水質及び植物体分析法（日

本土壌協会編, 2001)」に準じて行った。

なお、本報では、可給態窒素等の土壤からの窒素無機化量に関係する測定値及び腐植の多少を窒素肥沃度、窒素肥沃度に加えてその他の化学性測定値及び物理性測定値を土壤肥沃度と定義した。

結果

1. 堆肥の連用が黒大豆の生育、収量に及ぼす影響

堆肥連用1年目は、生育、収量に対する堆肥施用の影響は小さかった。一方で、地力レベルの影響を受ける傾向がみられ、低地力区よりも中地力区及び高地力区において主茎長、精子実重が優れた（表5）。堆肥連用2年目も同様に、生育、収量に対する堆肥連用の影響

表5 地力レベルと堆肥施用の有無が黒大豆の生育・収量に及ぼす影響（堆肥連用1年目）

試験区名		主茎長	節数	分枝数	稔実 莢数	全重	粗子 実重	精子 実重	百粒重
地力	堆肥	(cm)		(本/株)	(莢/m ²)		(kg/ha)		(g)
低地力	無施用	55.3	17.7	8.1	209	3,938	1,807	1,524	73.5
	連用	60.3	17.9	7.8	174	3,636	1,507	1,268	73.2
中地力	無施用	65.5	18.7	7.7	200	4,192	1,777	1,549	74.6
	連用	63.5	18.2	8.6	218	4,332	1,861	1,545	73.0
高地力	無施用	63.9	18.9	9.9	248	4,900	2,282	1,983	74.5
	連用	59.4	17.8	8.4	218	4,084	1,883	1,623	75.0
堆肥									+
有意性 ²	地力	**			+	+	+	*	
	交互作用	*							

² 分散分析 (p<0.1+, p<0.05*, p<0.01**, 無印は有意差なし)

備考)各試験区とも倒伏なし

表6 地力レベルと堆肥施用の有無が黒大豆の生育・収量に及ぼす影響（堆肥連用2年目）

試験区名		主茎長	節数	分枝数	稔実 莢数	全重	粗子 実重	精子 実重	百粒重
地力	堆肥	(cm)		(本/株)	(莢/m ²)		(kg/ha)		(g)
低地力	無施用	58.6	18.4	9.6	361	6,472	3,535	2,889	76.0
	連用	60.3	18.5	10.5	359	6,644	3,533	2,922	76.1
中地力	無施用	62.3	19.2	10.9	374	6,878	3,651	3,020	74.5
	連用	62.0	18.1	10.4	377	6,581	3,659	3,011	75.0
高地力	無施用	63.9	19.1	10.6	387	6,550	3,765	3,098	75.8
	連用	66.1	18.8	11.2	366	6,128	3,636	2,989	76.1
堆肥									+
有意性 ²	地力	*					+		
	交互作用								

² 分散分析 (p<0.1+, p<0.05*, 無印は有意差なし)

備考)各試験区とも倒伏なし

表7 地力レベルと堆肥施用の有無が黒大豆の生育・収量に及ぼす影響（堆肥連用3年目）

試験区名		主茎長	節数	分枝数	稔実 莢数	全重	粗子 実重	精子 実重	百粒重
地力	堆肥	(cm)		(本/株)	(莢/m ²)		(kg/ha)		(g)
低地力	無施用	71.0	19.0	8.4	228	4,719	2,121	1,769	84.3
	連用	73.7	19.4	8.9	218	4,766	2,305	1,899	87.5
中地力	無施用	72.2	19.4	8.9	258	5,164	2,677	2,281	83.9
	連用	71.3	19.3	9.6	207	4,523	2,106	1,756	87.1
高地力	無施用	68.5	18.7	8.6	263	5,422	3,039	2,730	85.4
	連用	70.5	18.9	8.8	289	5,531	3,004	2,726	84.8
堆肥									+
有意性 ²	地力				+		+	+	
	交互作用								

² 分散分析 (p<0.1+, p<0.05*, p<0.01**, 無印は有意差なし)

備考)各試験区とも倒伏なし

はみられず、地力レベルが高くなるほど主茎長が長くなった(表6)。連用3年目は、堆肥連用によって百粒重が重くなる傾向がみられたものの、それ以外の生育、収量に対する影響は認められず、地力レベルが高いほど稔実莢数や子実重が高い値を示す傾向であった(表7)。一方、連用4年目は、堆肥連用によって生育、収量に対する影響がみられた。堆肥連用区では、堆肥無施用区に比べて、主茎長、節数、分枝数、全重が有意に高い値を示し、精子実重は各堆肥無施用区に比べて増収した(表8)。

収量水準の年次変動をみるために、堆肥無施用区の1ha当たりの精子実重の平均値を計算すると、2作目(3,000kg)>3作目(2,260kg)>1作目(1,690kg)>4作目(960kg)であり、いずれも2作目が最も多収であり、2作目以降は連作年数に伴い減収した(図1)。

収量に対する栽培年次の気象要因等の影響を取り除くために、低地力-堆肥無施用区を100とした各区の精子実量を収量指数として図2に示した。子実収量に対する堆肥連用の影響を概観すると、連用1、2年目はやや減収し、連用3、4年目になると増収する傾向であった。

また、いずれの栽培年次においても地力レベルが高いほど収量指数は高い値を示した。

2. 堆肥の連用が土壤肥沃度に及ぼす影響

(1)窒素肥沃度

試験期間中の腐植、可給態窒素(30℃4週間湛水培養法)の推移を図3に示した。腐植は、堆肥連用区が無施用区よりもおおむね高い値で推移した。また、各堆肥連用区において、試験開始前と連用4年後の腐植を比較すると、連用4年後に、低地力区で0.6%増加し、中地力区及び高地力区ではそれぞれ1.4%、1.2%減少した。

可給態窒素(30℃4週間培養)は、堆肥連用の有無に関わらず漸減し、栽培開始前は最小12.5~最大19.7mg/100gの範囲であったのに対して、4年後は最小8.6~最大9.6mg/100gとなり、地力レベルや堆肥連用による区間の差は僅かであった。このため、堆肥連用4年後の土壌について、湛水及び畑条件で30℃10週間培養によって生成する無機態窒素量を測定した(図4)。その結果、堆肥の連用によって、畑条件下で発現する無機態窒素量が有意に増加した。

表8 地力レベルと堆肥施用の有無が黒大豆の生育・収量に及ぼす影響(堆肥連用4年目)

試験区名		主茎長	節数	分枝数	稔実莢数	全重	粗子実重	精子実重	百粒重
地力	堆肥	(cm)		(本/株)	(莢/m ²)		(kg/ha)		(g)
低地力	無施用	45.8	15.2	7.4	130	2,938	986	798	75.6
	連用	51.1	15.9	8.3	149	3,350	1,160	968	73.5
中地力	無施用	48.1	15.7	8.3	153	3,213	1,168	953	73.2
	連用	52.2	16.1	8.3	249	4,763	2,019	1,768	70.0
高地力	無施用	47.5	15.6	7.7	184	3,538	1,385	1,129	71.1
	連用	51.5	16.0	8.9	229	4,613	1,973	1,709	69.9
堆肥		**	**	*		*	+	+	+
有意性 ² 地力				+					*
交互作用									

² 分散分析(p<0.1+、p<0.05*、p<0.01**、無印は有意差なし)
備考)各試験区とも倒伏なし

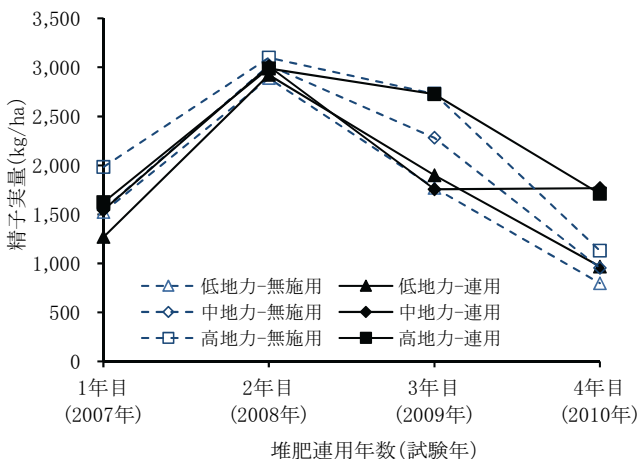


図1 子実収量の推移

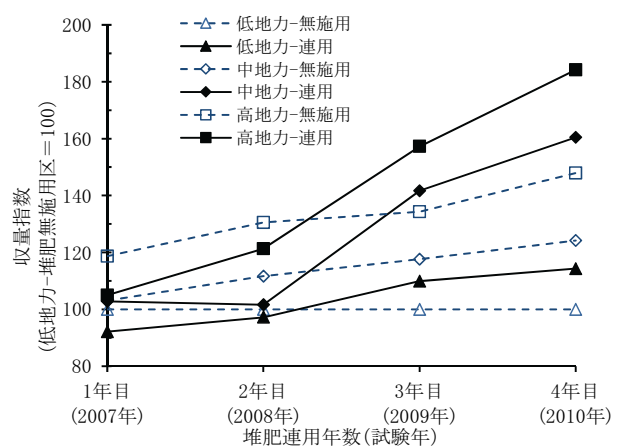


図2 収量指数の推移

注) 収量指数は前後1作の値を含む移動平均値で示した

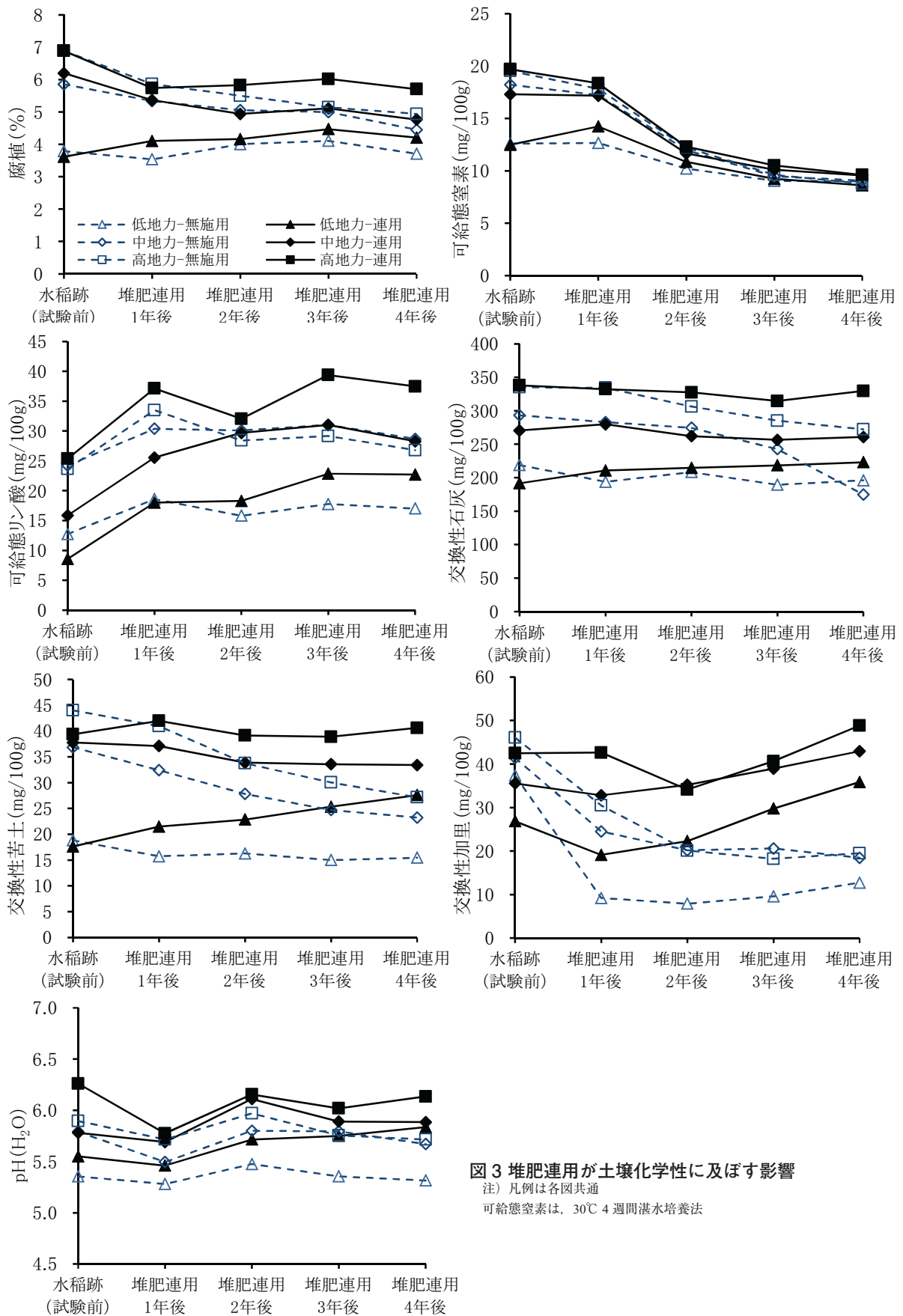


図3 堆肥連用が土壤化学性に及ぼす影響

注) 凡例は各図共通

可給態窒素は、30℃ 4週間湛水培養法

各栽培年次における黒大豆栽培土壌の無機態窒素量の推移を図5に示した。堆肥連用区と無施用区の間で差がみられたのは、連用2年目の7月下旬、連用3年目の4月下旬、連用4年目の8月中旬で、これら以外の時期は堆肥連用の有無に関わらずほぼ同等の値で推移した。連用2年目の7月下旬は、堆肥連用区が無施用区に比べて低い値を示し、連用3年目の4月下旬及び連用4年目の8月中旬は、逆に堆肥連用区が高い値を示した。

(2)その他の化学性

試験期間中の可給態リン酸、交換性塩基、pHの推移

を図3に示した。いずれの項目も、総じて、堆肥連用区が堆肥無施用区よりも高い値で推移した。また、連用年数の増加に伴い無施用区との差が大きくなる傾向であった。

各堆肥連用区において、試験開始前と連用4年後の値を比較すると、連用4年後に、可給態リン酸は地力レベルに関わらず約12～14mg/100g増加した。交換性石灰は、低地力区で約30mg/100g増加し、中地力区及び高地力区ではおおむね同水準を維持した。交換性苦土は、低地力区で約10mg/100g増加し、中地力区及び高地力

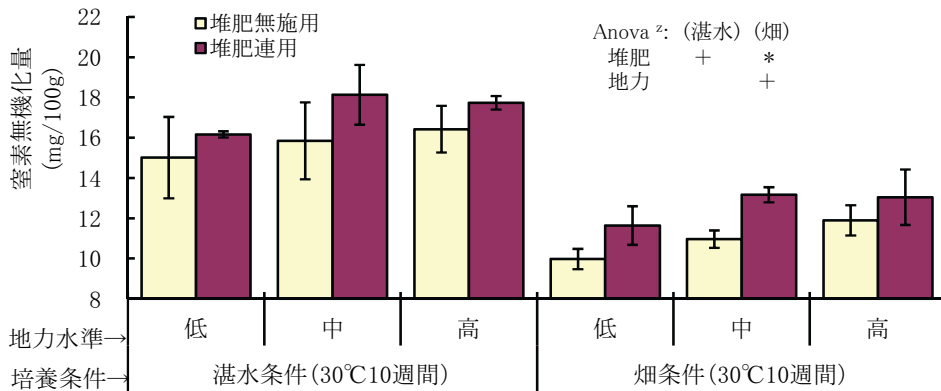


図4 堆肥連用が窒素無機化量に及ぼす影響

^2 分散分析 ("+"は p<0.1、"*"は p<0.05、無印は有意差なし)
注) 各カラムのエラーバーは標準偏差

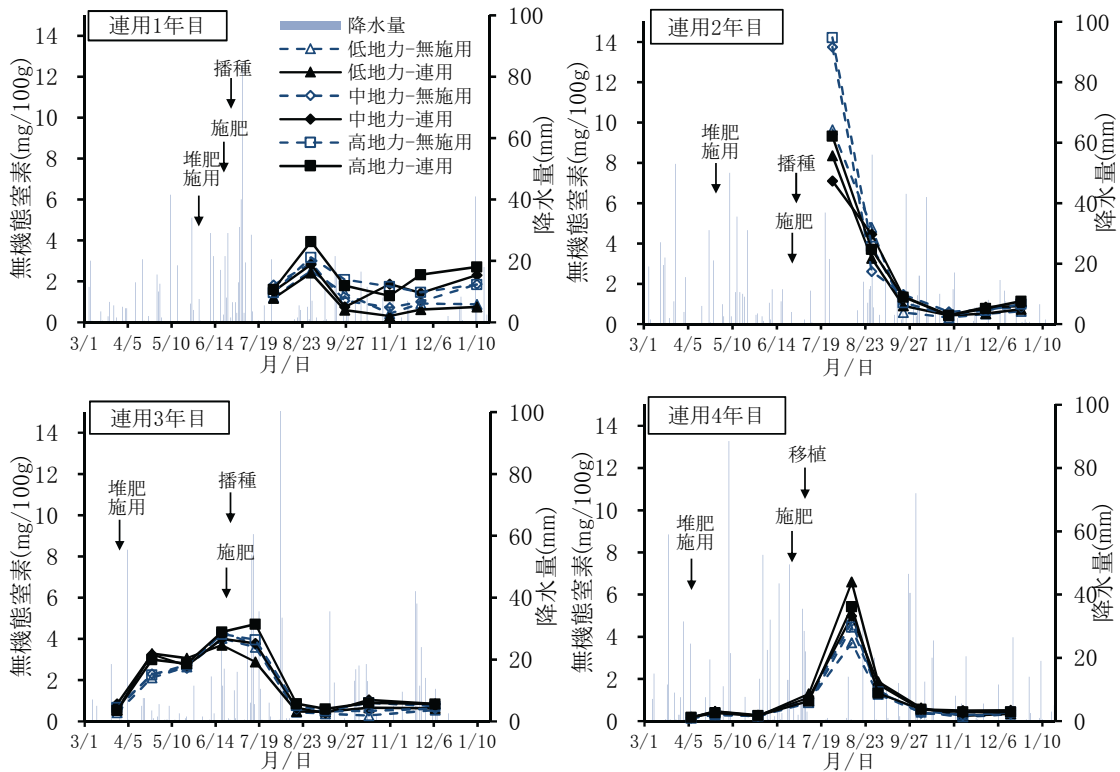


図5 土壌中の無機態窒素含量の推移 (作土層)

注) 凡例は各図共通

区ではおおむね同水準を維持した。交換性加里は、地力レベルに関わらず約6～9mg/100g増加した。pHは、低地力区で0.2高まり、中地力区及び高地力区ではおおむね同水準を維持した。堆肥無施用区は、交換性石灰、苦土は中地力区及び高地力区で漸減し、交換性加里は地力レベルに関係なく顕著に減少した。

堆肥4年連用後の黒大豆栽培跡地土壌のホウ素及び交換性マンガンを図6に示した。堆肥連用区は、堆肥無施用区に比べて、ホウ素は高い値を示し、マンガンは逆に低い値を示した。

(3)土壤物理性

堆肥4年連用後の黒大豆栽培跡地土壌の仮比重、粗孔隙率を図7に示した。仮比重は、堆肥連用区が堆肥無施用区に比べて、地力レベルに関わらず約0.1程度有意に低い値を示した。また、粗孔隙率は、堆肥連用区が約1～5%高い値を示す傾向であった。

考 察

1. 堆肥の連用が黒大豆の生育、収量に及ぼす影響

黒大豆を持続的に生産するためには土壌の肥沃度を維持することが肝要であり、そのためには有機物の補給が不可欠と考えられる。本試験では、生産現地で広く利用されているオガクズ・モミガラ牛ふん堆肥を供試して、生育、収量や土壌肥沃度に対する連用効果を検討した。

子実収量に対する堆肥連用の影響を概括すると、連用初期は堆肥の施用効果は現れず、連用年数の経過に伴い、連用効果がみられるようになり、連用4年目には主茎長や節数の増加により増収した。この要因として、連用4年目では、堆肥を施用しない場合に比べて、長期培養試験（30℃ 10週間）で確認される土壌からの無機窒素量が増大し、開花期に当たる8月中旬の土壌中の無機態窒素量が多かったこと、加えて、土壌肥沃度が総じて高く、土壌からの養分供給効果が大きいこと、土壌の孔隙率が高く根圏環境がより良好であったことが考えられる。また、地力レベルが高いほど、総じて子実収量が高いことから、堆肥の地力増強効果が影響しているものと推察される。

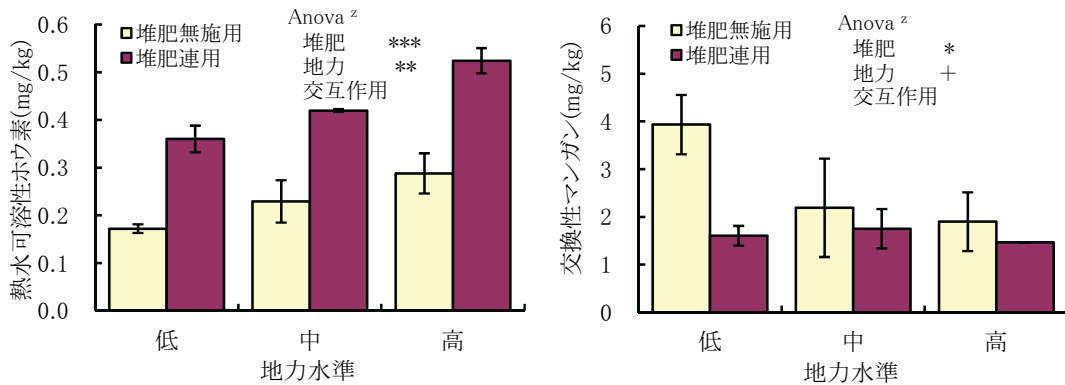


図6 堆肥の4年連用が土壌の微量元素含量に及ぼす影響

^z 分散分析 (“+”は p<0.1+、“*”は p<0.05、“***”は p<0.01、“****”は p<0.001、無印は有意差なし)
注) 各カラムのエラーバーは標準偏差

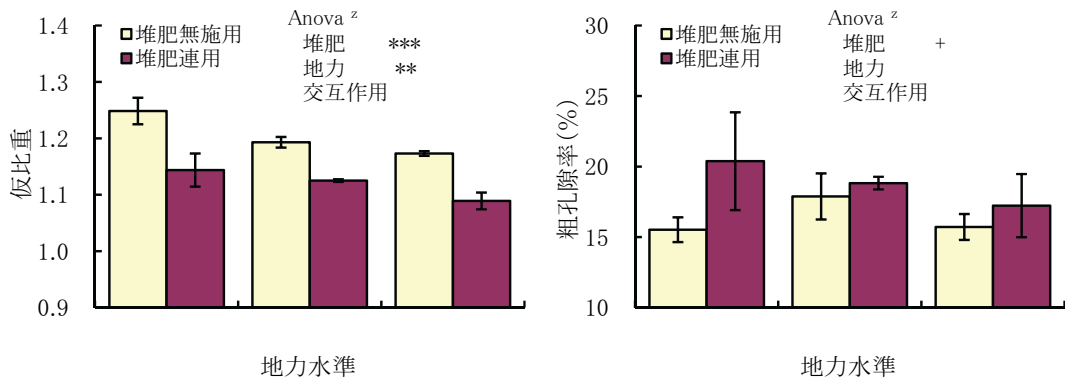


図7 堆肥の4年連用が土壌物理性に及ぼす影響

^z 分散分析 (“+”は p<0.1+、“***”は p<0.01、“****”は p<0.001、無印は有意差なし)
注) 各カラムのエラーバーは標準偏差

大豆に対する有機物の施用効果について、脇本ら(1987)は、稲わら堆肥20t/haを4年間連用し、年次の経過とともに堆肥の施用効果が現れ、連用3年目以降で顕著な増収効果を確認している。この理由として、土壌物理性の改善や地力増強によるものと推察している。また、佐藤ら(2004)は連作6年目における牛ふん堆肥20t/haの施用効果について、更に小池ら(2005)は長期輪換ほ場における3年に2回のモミガラ牛ふん堆肥20t/ha施用による連用効果について検討し、いずれも増収効果を確認している。一方、松本・吉川(2010)は、牛ふんパーク堆肥(C/N:18.9)30t/haの4年連用(5年連作)試験を実施し、黒大豆に対する増収効果は認められなかったとしている。松本・吉川(2010)の試験では、連作3、4年目において根粒着生量の増加に対する堆肥の施用効果を認めているが、5年目にはその効果が消失し、堆肥連用による養分供給効果や根粒着生促進効果よりも連作の進行による土壌の生物性に及ぼす影響が大きい可能性を示唆している。また、吉田(1979)は、堆肥施用の増収効果について、根粒による固定窒素への依存度を低下させることなく固定窒素量を高めることがその要因であると報告している。本試験では、根粒着生や根粒活性、土壌の生物性について詳細な検討ができておらず、これらに対する堆肥の連用効果は、今後検討の必要がある。

本試験では、連作に伴い、いずれの区でも2作目以降で可給態窒素量が減少し、収量水準も3作目以降で低下しており、両者の減少が一致している。大豆の収量低下要因として土壌の窒素肥沃度低下との関係性を指摘する報告は多く(例えば、西田, 2010; 廣川ら, 2011)、本県の黒大豆産地における実態調査においてもこれらの関連性が強く示唆されている(森次・鷺尾, 2016)。一方、農水省統計による岡山県の大豆の年次別単収を基にして、本試験の連作1年目に当たる2007年を100とした収量指数で示すと、岡山県のその後3年間の平均単収は133, 117, 80と推移した。本試験の堆肥無施用区の平均収量を同様に指数化すると、100, 178, 134, 57であり、両者の年次変動の傾向はおおむね一致しており、本試験でみられた連作に伴う減収は、可給態窒素の減少と合わせて、気象要因による年次変動の影響を受けているものと推察される。

2. 堆肥の連用が土壌肥沃度に及ぼす影響

県内の黒大豆栽培は、ほとんどが水田転換畑で行われており、その多くで長期間の田畑輪換栽培が継続されている。水田転換畑での長期間にわたる黒大豆栽培は、窒素肥沃度を低下させ、延いては収量低下を招い

ているものと考えられる(森次・鷺尾, 2016)。このため、土壌からの窒素供給源として有機物の補給は重要であり、土壌中の腐植の維持・向上を図る必要がある。堆肥連用4年後の腐植含量は、いずれも堆肥連用区が無施用区を上回り、連用効果が認められた。また、堆肥連用区において、連用4年後の腐植含量を試験開始前の値と比べると、低地力区(試験開始前の腐植3.6%)で増加し、中地力区(6.2%)及び高地力区(6.9%)で減少した。これらのことから、堆肥の連用は、堆肥を施用しない場合に比べて腐植の増強効果は認められるものの、元々腐植が多い土壌では堆肥20t/haの連用では土壌の腐植含量を維持できないことが示唆された。黒大豆の主産地である勝英地域の腐植含量の平均値は3.8%であり(森次・鷺尾, 2016)、本試験における低地力区と同水準であった。また、前報(森次・鷺尾, 2016)による、勝英地域の97件の生産者に対する土壌管理のアンケート調査結果では、堆肥の施用履歴がある63件の圃場(堆肥の平均施用量20t/ha)の腐植含量は平均で3.6%であり、施用履歴がない34件の圃場の3.0%に比べて有意に高い値を示した。以上より、県内の主産地では、堆肥20t/haの連用により、腐植含量の向上効果が期待できるものと考えられる。

窒素肥沃度の評価指標として可給態窒素量(30℃ 4週間培養)を測定したところ、連作年数の経過とともにいずれの試験区でも減少した。黒大豆の作付回数増加に伴い可給態窒素量が低下することは、県内主産地における実態調査でも確認されている(森次・鷺尾, 2016)。また、全国的にも、畑地化率(過去数十年間における夏作期回数に占める水稲を作付しなかった夏作回数の比率)の高まりとともに、土壌の窒素無機化量が低下することが報告されており(新良, 2010)、本調査結果はこれらの報告と一致している。連作を継続した本試験では、堆肥連用区においても試験開始時の水準を維持できなかった。新良(2010)は、大豆作後に水稲作がより多く実施されることで可給態窒素量が増大回復する可能性を推測しており、可給態窒素量を回復させるためには堆肥の施用と併せて数年間水稲栽培への転換が必要であると推察される。

窒素肥沃度に対する堆肥の連用効果を30℃ 10週間の培養条件で評価したところ、窒素無機化量は堆肥連用区が有意に高い値を示し、堆肥連用による窒素肥沃度増強効果が認められ、収量向上との関係性が示唆された。また、黒大豆の栽培期間中の土壌中の無機態窒素量をみると、4年間を通じて試験区間差は小さかったものの、連用2年目の7月下旬は、堆肥連用区が低い値

を示し、連用3年目の4月下旬及び連用4年目の8月中旬は、逆に堆肥連用区が高い値を示した。供試堆肥の窒素肥効は、30℃ 4週間畑培養条件での窒素無機化量が-0.4mg/g（高津ら、未発表）であったことから、連用初期は堆肥施用による窒素の有機化が優先し、連用3年目以降になると、土壌からの無機化量が増大したものと考えられた。これらのことから、堆肥連用圃場の窒素肥沃度の評価法としては、30℃ 4週間培養法と併せて30℃ 10週間培養法による評価の必要性が示唆された。

可給態リン酸、交換性塩基は、連用2年目以降、総じて、堆肥連用区が堆肥無施用区よりも高い値で推移し、連用年数の増加に伴い連用区と無施用区の区間差が大きくなる傾向がみられ、連用4年後の堆肥連用区の成分値は試験開始時と比べて同水準かあるいは増加した。供試堆肥の成分から堆肥由来の1ha当たりの肥料成分投入量を試算してみると、リン酸が160kg、加里が330kg、石灰が290kg、苦土が110kgであった。また、県内の牛ふん堆肥の成分平均値（岡山県農林水産部、2014）から同様に平均的な牛ふん堆肥20t/haを施用した場合の1ha当たりの肥料成分投入量を試算してみると、リン酸が220kg、加里が420kg、石灰が320kg、苦土が120kgであり、供試堆肥による成分投入量は県内の平均的な牛ふん堆肥よりもやや少ないものの大差ない水準と判断された。これに対して、4年間の本試験の平均収量1,996kg/haと成熟期の茎、莢、子実の養分保有量（森次、未発表）から、収穫物（茎、莢、子実）による1ha当たりの肥料成分の圃場外への持ち出し量を試算すると、リン酸が39kg、加里が91kg、石灰が24kg、苦土が18kgであった。収穫物による持ち出し量に比べて堆肥由来の成分投入量が多いことが、連用によって土壌中の成分量が維持、増加した要因の1つと考えられた。堆肥を施用しない場合は、塩基成分がいずれも減少しており、三要素肥料だけでなくこれらの成分を含む土づくり肥料等の施用が必要と考えられる。

牛ふん堆肥にはホウ素、マンガンが含まれるため（郡司掛、1998）、堆肥の連用によって、これら成分の増強効果が期待される。本試験では、堆肥の連用によって熱水可溶性ホウ素が増加し、連用効果が確認された。一方、交換性マンガンが減少したことは、堆肥連用区のpHが堆肥無施用区に比べて0.2～0.5高いことによる影響を受けたものと推察された。主産地の勝英地域では、6割の圃場でホウ素、マンガンが不足しており（森次・鷺尾、2016）、堆肥連用によりホウ素の増強効果が期待できると考えられた。また、連用4年後に土壌物理

性の改善効果が認められたことも堆肥連用による増収要因の1つと推察された。

摘要

黒大豆栽培における地力の維持・向上対策として有機物の施用効果をみるために、水田転換畑で牛ふん堆肥20t/haを4年間連用し、黒大豆の生育、収量及び土壌肥沃度への影響について検討した。

1. 黒大豆に対する堆肥の施用効果は、連用初期には現れず、連用年数の進行に伴い発現し、連用4年目で主茎長や節数の増加により、堆肥を施用しない場合に比べて子実収量が増加した。この要因として、土壌肥沃度の高まりによる土壌からの養分供給効果、連用土壌からの窒素無機化量の増大、土壌物理性の改善による根圏環境の向上が推察された。
2. 牛ふん堆肥20t/haの連用によって、腐植、可給態リン酸、交換性塩基成分、熱水可溶性ホウ素は、連用前の水準と比べて維持あるいは増加した。
3. 土壌からの窒素無機化量は、連作の進行によって漸減したが、堆肥を連用すると堆肥を施用しない場合に比べて増加した。
4. 堆肥の連用によって、仮比重が低下し、粗孔隙率が増加した。

引用文献

- 郡司掛則昭（1998）有機物の微量要素供給力。熊本県農政部農業の新しい技術、No.395。
- 廣川智子・稲原誠・小池潤（2011）中粗粒灰色低地土における田畑輪換圃場の土壌窒素肥沃度の変化と緑肥、家畜ふん堆肥を活用した対策技術。富山県農総セ農研研報、2: 11-26。
- 小池潤・岡山清司・八木麻子・山田宗孝（2005）長期輪換ほ場の堆肥連用による土壌肥沃度の増強。富山県農林水産部平成17年度農業分野試験研究の成果と普及、27-28。
- 松本静治・吉川正巳（2010）転換畑における黒ダイズの連作にともなう収量および土壌の化学性の変化。日作紀、79: 268-274。
- 森次真一・鷺尾建紀（2016）水田転換畑における黒大豆の土壤施肥管理技術に関する研究（第1報）黒大豆栽培圃場の土壌化学性の実態と収量低下要因の解析。岡山農研研報、7: 7-17。
- 日本土壌協会編（2001）土壌機能モニタリング調査のための土壌、水質及び植物体分析法。日本土壌協会、東京、322p。

- 新良力也（2010）田畑輪換水田の現状と土壌管理についての問題提起. 日本土壌肥料学会編 田畑輪換土壌の肥沃度と管理, 博友社, 東京, pp. 9-26.
- 西田瑞彦（2010）田畑輪換水田の土壌窒素肥沃度の変化と土壌管理による制御. 日本土壌肥料学会編 田畑輪換土壌の肥沃度と管理, 博友社, 東京, pp. 27-52.
- 農林水産省. 大豆関連データ集. 単収の推移. http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_data/attach/pdf/index-8.pdf (2017.8検索)
- 岡山県農林水産部（2014）家畜ふん堆肥適正施用の手引き. http://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/388931_2254764_misc.pdf (2017.8検索)
- 佐藤健介・井上一博・田口光雄・佐藤孝（2004）連作大豆の高品質化と安定生産技術（第2報）土壌改良及び有機物施用による収量・品質の改善効果. 東北農業研究, 57: 85-86.
- 脇本賢三・梶本晶子・伊藤信（1987）温暖地における転換畑のダイズに対する有機物施用と窒素施肥. 土肥誌, 58: 334-342.
- 吉田重方（1979）ダイズの窒素栄養におよぼす堆肥施用の影響. 日作紀, 48: 17-24.